Gerthsen et. Al.: “Physik”
Springer Verlag Berlin
Heidelberg New York 1982,
Vol. 14, page 482

In this document, an anti reflexion coating with a thickness of ¼ of the wavelength of the radiation is generally described.

D3

Gerthsen · Kneser · Vogel

PHYSIK

Ein Lehrbuch zum Gebrauch neben Vorlesungen

Vierzehnte Auflage
neubearbeitet und erweitert von H. Vogel

Mit 1028 Abbildungen und über 1000 Aufgaben

Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 1982

(E_1, E_1', E_2: Feldstärken der einfallenden, reflektierten bzw. eindringenden Welle).

2. Der Energiesatz liefert Gleichheit der entsprechenden Intensitäten

$$\sqrt{\frac{\varepsilon_2 \varepsilon_0}{\mu_2 \mu_0}}\, E_2^2 = \sqrt{\frac{\varepsilon_1 \varepsilon_0}{\mu_1 \mu_0}}\,(E_1^2 - E_1'^2).$$

Bei $\mu_2 \approx \mu_1 \approx 1$, was für die meisten Dielektrika zutrifft, kann man schreiben

$$n_2 E_2^2 = n_1 (E_1^2 - E_1'^2) = n_1 (E_1 + E_1')(E_1 - E_1'). \qquad (10.27)$$

Aus (10.26) und (10.27) folgt

$$E_1' = E_1 \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2}. \qquad (10.28)$$

Ist $n_2 > n_1$, so wird E_1' negativ, ist $n_2 < n_1$, so wird E_1' positiv. Das bedeutet, daß bei der Reflexion am dichteren Medium ($n_2 > n_1$) ein Phasensprung π auftritt, bei der Reflexion am dünneren Medium die Phase unverändert bleibt.

Die Intensität des reflektierten Lichtes I_r verhält sich also zu der des einfallenden I_e wie

$$\frac{I_r}{I_e} = \frac{E_1'^2}{E_1^2} = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2}\right)^2. \qquad (10.29)$$

Für Vakuum – Glas ist $n_1 = 1$, $n_2 = 1{,}5$, also das *Reflexionsvermögen:*

$$\frac{I_r}{I_e} = \left(\frac{0{,}5}{2{,}5}\right)^2 = \left(\frac{1}{5}\right)^2 = \frac{1}{25}.$$

Bei senkrechtem Einfall auf eine Glasplatte werden also 4% der auffallenden Intensität reflektiert. 96% dringen in die Platte ein; das gilt nicht nur für polarisiertes, sondern auch für natürliches Licht. Denselben Intensitätsverlust durch Reflexion erleidet das Licht beim Übergang Glas – Luft.

Mit etwas größerem rechnerischen Aufwand kann man aus den verallgemeinerten Bedingungen 1 und 2 für jeden beliebigen Einfallswinkel sowohl für die in der Einfallsebene als für die senkrecht zu ihr schwingenden Wellen die Amplituden der reflektierten und gebrochenen Wellen angeben. Man erhält die *Fresnel-Gleichungen:*

1. Schwingungsebene senkrecht zur Einfallsebene: R Amplitude der reflektierten, G die der gebrochenen Welle:

$$R_s = -E_s \frac{\sin(\alpha - \beta)}{\sin(\alpha + \beta)}; \quad G_s = E_s \frac{2 \cos\alpha \sin\beta}{\sin(\alpha + \beta)}. \qquad (10.30)$$

2. Schwingungsebene in der Einfallsebene (parallel):

$$R_p = -E_p \frac{\tan(\alpha - \beta)}{\tan(\alpha + \beta)}; \qquad (10.31)$$

$$G_p = E_p \frac{2 \cos\alpha \sin\beta}{\sin(\alpha + \beta)\cos(\alpha - \beta)}.$$

Bei einem vom Polarisationswinkel abweichenden Einfallswinkel ist das reflektierte Licht, wie der in Abb. 10.52 dargestellte Versuch zeigt, immer nur „partiell" polarisiertes Licht. Je vollständiger die Polarisation, um so mehr wird die Schwingungsebene senkrecht zur Einfallsebene bevorzugt. Aus $\alpha + \beta = 90°$, $\tan(\alpha + \beta) = \infty$, $R_p = 0$ folgt noch einmal das Brewster-Gesetz.

Die in das Medium eindringende Welle bevorzugt die Einfallsebene als Schwingungsebene, es gibt aber für natürliches Licht keinen Einfallswinkel, bei dem der gebrochene Strahl vollständig polarisiert ist. Da aber bei jeder Brechung die Komponente des Lichtes, welche in der Einfallsebene schwingt, gegenüber der zu ihr senkrechten bevorzugt wird, und zwar unabhängig davon, ob die Brechung beim Eintritt oder beim Austritt aus dem brechenden Medium erfolgt, erhält man bei Durchstrahlung eines ganzen *Satzes paralleler Platten* Licht, das zu über 99% polarisiert sein kann.

10.3.5 Reflexminderung

Durch Bedampfen spiegelnder Oberflächen mit einer Schicht der optischen Dicke $\lambda/4$ erreicht man nach Abschnitt 10.1.3 Auslöschung für die an Vorder- und Rückseite reflektierten Wellen, wenn deren Amplituden gleich sind. Weil an beiden Grenzschichten der Übergang vom optisch dünneren ins dichtere Medium erfolgt, tritt in beiden Reflexionen der Phasensprung π auf; er macht sich also im Gangunterschied nicht bemerkbar. Aus (10.29) kann man herleiten, daß dazu der Brechungsindex n_s des aufgedampften Materials die Bedingung

$$n_s = \sqrt{n_1\, n_2}$$

erfüllen muß. Hier bedeuten n_1 den Brechungsindex des Stoffes vor der Aufdampfschicht (fast immer Luft, also $n_1 = 1$) und n_2 den des bedampften Materials (z.B. Glas). Um die Reflexion für weißes Licht zu mindern, werden mehrere Schichten mit verschiedener Dicke und verschiedenem Brechungsindex aufgedampft.

Die Reflexminderung oder Vergütung wird bei Linsenoberflächen in zusammengesetzten Systemen bei Photoapparaten, Fernrohren und Mikroskopen in großem Umfang angewandt, um dadurch Lichtverluste und die oft sehr störenden Reflexe zu vermeiden.